



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 132240

(13) U

(51) МПК

G01D 21/02 (2006.01)

G06F 17/16 (2006.01)

G05B 23/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

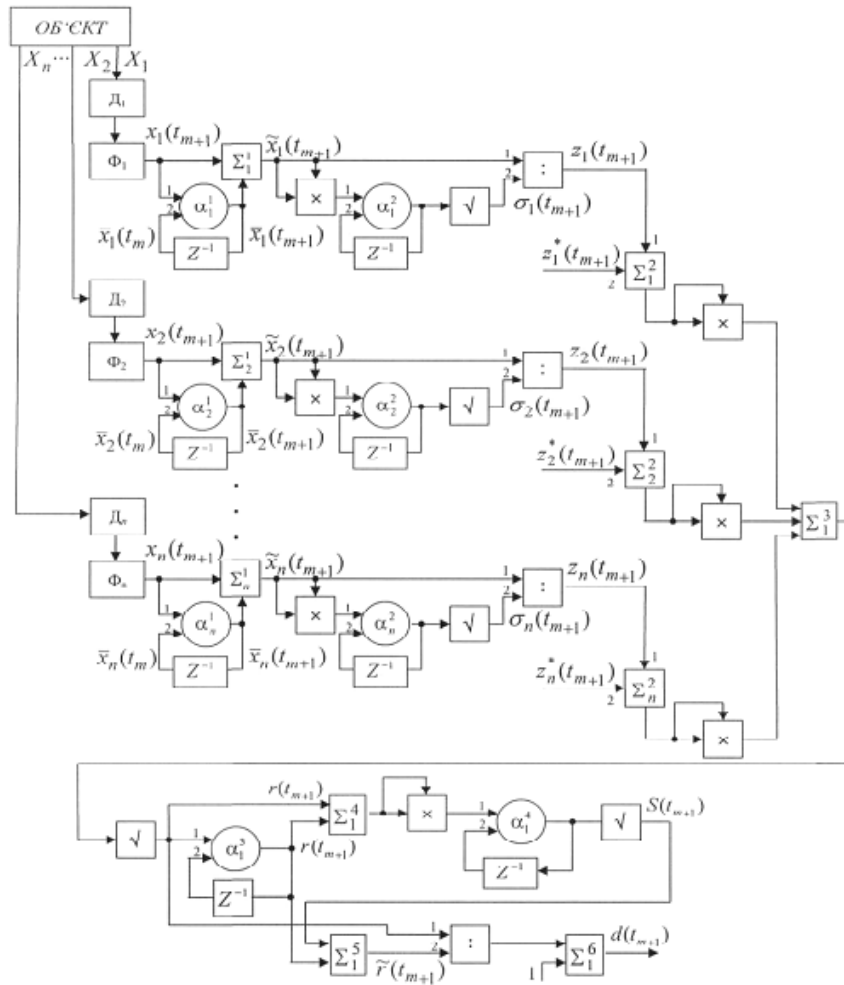
(21) Номер заявки:	а 2016 05761	(72) Винахідник(и):	Дмитрієнко Валерій Дмитрович (UA), Гейко Геннадій Вікторович (UA), Мезенцев Микола Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки:	27.05.2016	(73) Власник(и):	НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.02.2019		
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.11.2017, Бюл.№ 21		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.02.2019, Бюл.№ 4		

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб контролю та діагностики стану технічних об'єктів з відомим еталонним станом включає: вибір параметрів, які підлягають діагностичному контролю, реєстрацію цих параметрів на об'єкті, який діагностують, за допомогою датчиків, формування векторів вхідних сигналів, які обробляються багатошаровою нейронною мережею, яка для кожного параметра здійснює обчислення оцінок математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, формує стандартизовану матрицю спостережень, розраховує відстані між еталонним станом об'єкта та станом об'єкта, який діагностують, розраховує таксономічний показник для контрольованого об'єкта, по якому визначають стан технічного об'єкта. Відстані між еталонним та діагностованим станами об'єкта визначають як суму абсолютних значень різниць між вимірюваними та еталонними значеннями параметрів і виділяють всі параметри, абсолютні значення різниць між вимірюваними та еталонними значеннями яких перевищили наперед задані значення.

UA 132240 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до способів контролю та діагностики стану технічних об'єктів, зокрема винахід може бути використаний при побудові систем контролю та діагностики такого складного технічного об'єкта, як дизель-поїзд з тяговим асинхронним електроприводом.

Відомий спосіб технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) рухомого складу залізничного транспорту по його технічному стану, який включає діагностування рухомого складу стаціонарними стендовими або переносними системами діагностування на етапах технічного обслуговування та поточного ремонту та прогнозування його технічного стану після ТО та ПР. У цьому способі спочатку для контролю технічного стану використовується стаціонарна стендова система на перехідних режимах випробувань, потім на основі аналізу отриманих контрольованих параметрів проводиться ідентифікація одного з трьох станів рухомого стану - справний, обмежено працездатний, передаварійний. Після цього ТО та ПР об'єкта роблять за технологією залежно від його ідентифікованого стану. Після ТО або ПР на основі комплексу сформованих контрольованих параметрів визначають прогнозований передаварійний стан об'єкта, закладають у стаціонарну стендову або бортову вбудовану систему рухомого складу комплекс контрольованих параметрів, який характеризує прогнозований передаварійний стан. Це робиться для того, щоб у процесі штатної експлуатації визначати по технічному стану об'єкта обмежену працездатність, що допускає його експлуатацію на полегшених режимах протягом установленого обмеженого часу, або передаварійний стан з виведенням рухомого складу з експлуатації протягом строго регламентованого часу [1].

Недоліком такого способу діагностики є те, що цей спосіб дає висновки стосовно тільки трьох станів об'єкта.

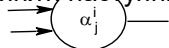
Відомий спосіб діагностики технічного стану газотурбінного двигуна із застосуванням нейронних мереж, при якому вибирають параметри, що підлягають діагностичному контролю, визначають вихідні характеристики цих параметрів, а також за допомогою датчиків реєструють параметри на діагностованому газотурбінному двигуні, визначають відхилення значень зареєстрованих параметрів від вихідних значень, формують вектори вхідних параметрів, обробляють отримані дані за допомогою нейронної мережі Кохонена, яку перед цим навчають і формують структури класів по навчальній вибірці, формують вихідні сигнали мережі, вибирають нейрон з максимальним значенням сигналу, визначають клас, до якого він належить, і роблять висновок про зміну в технічному стані двигуна. Вихідні характеристики контрольованих параметрів визначають на двигуні, що діагностується, у свідомо справному його стані, наприклад у процесі приймально-здавальних випробувань у вигляді математичних залежностей: призначають еталонний проміжок N часу, роблять послідовну реєстрацію кожного параметра з вибраним інтервалом у межах еталонного проміжку N часу, реєстрацію параметрів для наступного діагностичного контролю роблять за межами цього проміжку часу, після визначення відхилень кожного з цих параметрів від вихідної характеристики роблять згладжування значень відхилень. При цьому навчальну вибірку для нейронної мережі Кохонена формують із даних еталонного проміжку N , для чого формують набори вихідних кортежів по m послідовних згладжених значень відхилень параметра в кожному. При цьому перший кортеж кожного набору починають формувати з першого згладженого значення відхилення, а наступні - шляхом зрушення на одне значення, визначають статистичні характеристики для кожного зі сформованих кортежів, нормують параметри вихідного кортежу щодо статистичних характеристик для кожного набору вихідних кортежів та формують додаткові кортежі, вектор вхідних параметрів для нейронної мережі формують із вихідного та додаткового кортежів, а також статистичних характеристик вихідного кортежу, після обробки отриманих даних у процесі якого виконується навчання та кластеризація нейронної мережі Кохонена, становлять список нейронів, що характеризують класи стану двигуна, при цьому зі згладжених значень відхилень параметрів для діагностичного контролю аналогічно формують набір кортежів, після кластерного аналізу якого та вибору нейрона з максимальним значенням вихідного сигналу зіставляють цей нейрон зі списком нейронів, що характеризують класи стану двигуна. Висновок про відсутність змін у технічному стані двигуна роблять при наявності вибраного нейрона в складеному списку [2].

При порівнянні з першим аналогом цей спосіб діагностики завдяки використанню нейронної мережі має більшу кількість класів наявності змін у технічному стані об'єкта, але недоліком способу є великий обсяг необхідних обчислень, пов'язаний як з методами формування математичних моделей об'єктів (наприклад, зазначеним методом групового врахування аргументів МГВА), так і з навчанням і перенавчанням (з появою нових класів станів об'єкта) нейронної мережі Кохонена. Ще один недолік цього способу - він не уточнює, які саме параметри діагностованого об'єкта змінилися.

Найбільш близьким до заявленого способу контролю та діагностики стану технічного об'єкта є спосіб контролю та діагностики стану технічного об'єкта з відомим еталонним станом, що включає: вибір параметрів, які підлягають діагностичному контролю, реєстрацію цих параметрів на діагностованому об'єкті за допомогою датчиків, формування векторів вхідних сигналів, які

обробляються багатoshаровою нейронною мережею, яка для кожного параметра здійснює обчислення оцінок математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, формує стандартизовану матрицю спостережень, розраховує відстані між еталонним та діагностованим станами об'єкта, розраховує таксономічний показник для контрольованого об'єкта, по якому визначають стан технічного об'єкта.

Цей спосіб може бути проілюстрований пристроєм, зображеним на фіг. 1 [3]. На фіг. 1 прийняті наступні позначення:

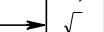


- це j-й нейрон i-го шару, що має лінійну функцію активації; цей нейрон

виконує зважене алгебраїчне підсумовування сигналів, які приходять на його вхід;



- блок, який виконує операцію часової одиничної затримки вхідного сигналу;



квадратного кореня, ділення та зваженого підсумовування сигналів.

Алгоритм роботи приведеного на фіг. 1 пристрою полягає у наступному:

1. Параметри X_1, X_2, \dots, X_n об'єкта, які підлягають діагностичному контролю, реєструються за допомогою датчиків D_1, D_2, \dots, D_n , сигнали з виходів яких надходять на формувачі сигналів $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$, вихідні сигнали яких x_1, x_2, \dots, x_n в дискретні моменти часу $t_1, t_2, \dots, t_m, t_{m+1}$ надходять на входи нейронів $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1$ першого шару нейронної мережі.

Із значень вимірювань в моменти часу t_1, t_2, \dots, t_m параметрів X_1, X_2, \dots, X_n можна побудувати матрицю спостережень:

$$X(t) = \begin{pmatrix} x_1(t_1) & x_2(t_1) & \dots & x_n(t_1) \\ x_1(t_2) & x_2(t_2) & \dots & x_n(t_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(t_j) & x_2(t_j) & \dots & x_n(t_j) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1(t_m) & x_2(t_m) & \dots & x_n(t_m) \end{pmatrix}.$$

Оскільки спостережувані параметри по величині можуть відрізнитися на порядки, то матрицю $X(t)$ необхідно перетворити до стандартизованої матриці спостережень $Z(t) = \|z_{ji}\|$, $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$.

Для цього необхідно визначити математичне очікування \bar{x}_i та дисперсію σ_i^2 для кожного із параметрів в інтервалі часу спостереження $[t_1, t_m]$, та розрахувати елементи матриці $Z(t)$ по співвідношенню:

$$z_i(t_j) = \frac{x_i(t_j) - \bar{x}_i}{\sigma_i}.$$

Оскільки використання матриць $X(t)$ і $Z(t)$ трудомістко, то елементи z_{ji} обчислюють в результаті ітераційних процедур. Формування матриці $Z(t)$ виконується на перших чотирьох кроках алгоритму. Нейрони $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1$ спільно з блоками затримки Z^{-1} розраховують оцінки математичного очікування для моменту часу t_{m+1} для кожного з реєстрованих параметрів по співвідношенню:

$$\bar{x}_i(t_{m+1}) = \bar{x}_i(t_m) + \frac{1}{m+1} (x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_m)) = \frac{m}{m+1} \bar{x}_i(t_m) + \frac{1}{m+1} x_i(t_{m+1}), \quad i = \overline{1, n}$$

де $\bar{x}_i(t_{m+1})$ - оцінки математичного очікування параметрів $X_i (i = \overline{1, n})$ в момент часу t_{m+1} ;

$\bar{x}_i(t_m)$ оцінки математичного очікування параметрів $X_i (i = \overline{1, n})$ в момент часу t_m ;

$x_i(t_{m+1})$ - вихідний сигнал формувача $\Phi_i (i = \overline{1, n})$ в момент часу t_{m+1} .

2. На виходах суматорів $\Sigma_1^1, \Sigma_2^1, \dots, \Sigma_n^1$ отримують різності в момент часу t_{m+1} між значеннями сигналів $x_i(t_{m+1})$ та оцінками їх математичного очікування $\bar{x}_i(t_{m+1})$:

$$\tilde{x}_i(t_{m+1}) = x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1}), i = \overline{1, n}.$$

Різності $\tilde{x}_i(t_{m+1})$ за допомогою блоків множення підносять до квадрата і подають на перші входи нейронів $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ другого шару.

3. Нейрони $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ сумісно з відповідними блоками затримки Z^{-1} розраховують оцінки дисперсії контрольованих параметрів по співвідношенню:

$$\sigma_i^2(t_{m+1}) = \sigma_i^2(t_m) + \frac{1}{m+1} (\tilde{x}_i^2(t_{m+1}) - \sigma_i^2(t_m)), i = \overline{1, n}$$

де $\sigma_i^2(t_{m+1}), \sigma_i^2(t_m)$ - оцінки дисперсій i -го контрольованого параметра в моменти часу t_{m+1} і t_m .

4. Сигнали з виходів нейронів $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ надходять на входи відповідних блоків обчислення квадратного кореня $(\sqrt{})$, на виходах яких отримують сигнали оцінок середньоквадратичних відхилень контрольованих параметрів:

$$\sigma_i(t_{m+1}) = \sqrt{\frac{m}{m+1} \sigma_i(t_m) + \frac{1}{m+1} (x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1}))^2}, i = \overline{1, n}$$

Ці сигнали надходять на другі входи блоків ділення. На перші входи блоків ділення надходять сигнали з виходів відповідних суматорів $\Sigma_1^1, \Sigma_2^1, \dots, \Sigma_n^1$. В результаті, на виході блоків ділення отримують елементи $(m+1)$ -го рядка стандартизованої матриці у відповідності з виразом:

$$z_i(t_{m+1}) = \frac{x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1})}{\sigma_i(t_{m+1})}, i = \overline{1, n}$$

5. На перші входи блоків зваженого підсумовування $\Sigma_1^2, \Sigma_2^2, \dots, \Sigma_n^2$ подані сигнали з виходів відповідних блоків ділення, які відповідають елементам стандартизованої матриці, а на другі - елементи еталонної матриці $Z^*(t) = \|z^*_{ji}\|, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$.

В результаті алгебраїчного зваженого підсумовування на виходах блоків $\Sigma_1^2, \Sigma_2^2, \dots, \Sigma_n^2$ отримують різниці, які потім зводяться у квадрат за допомогою блоків множення. В результаті чого отримують:

$$(z_i(t_{m+1}) - z_i^*(t_{m+1}))^2, i = \overline{1, n}.$$

6. За допомогою суматора Σ_1^3 та блока обчислення квадратного кореня $(\sqrt{})$ отримують відстань між еталонним та спостережуваним об'єктами в момент часу t_{m+1} :

$$r(t_{m+1}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_i(t_{m+1}) - z_i^*(t_{m+1}))^2}, i = \overline{1, n}.$$

За допомогою нейрона α_1^3 та блока затримки Z^{-1} обчислюють середню відстань $\bar{r}(t_{m+1})$ між матрицями в момент часу t_{m+1} :

$$\bar{r}(t_{m+1}) = \bar{r}(t_m) + \frac{1}{m+1} (r(t_{m+1}) - \bar{r}(t_m)),$$

де $\bar{r}(t_m)$ - середня відстань між матрицями в інтервалі часу $[t_1, t_m]$.

7. На виході суматора Σ_1^4 отримують в момент часу t_{m+1} різницю між відстанню $r(t_{m+1})$ та середньою відстанню $\bar{r}(t_{m+1})$, яку потім зводять до квадрата та подають на перший вхід нейрона α_1^4 :

$$(r(t_{m+1}) - \bar{r}(t_m))^2.$$

На другий вхід нейрона α_1^4 подають сигнал з виходу цього нейрона, який затримано на один такт часу блоком одиничної затримки Z^{-1} . На виході нейрона α_1^4 отримують:

$$S^2(t_{m+1}) = S^2(t_m) + \frac{1}{m+1} \left((r(t_{m+1}) - \bar{r}(t_m))^2 - S^2(t_m) \right).$$

За допомогою блока обчислення квадратного кореня ($\sqrt{\quad}$) отримують:

$$S^2(t_{m+1}) = \sqrt{S^2(t_m) + \frac{1}{m+1} \left((r(t_{m+1}) - \bar{r}(t_m))^2 - S^2(t_m) \right)}.$$

5

8. За допомогою блока зваженого підсумовування Σ_1^5 реалізується обчислення виразу:

$$\tilde{r}(t_{m+1}) = \bar{r}(t_{m+1}) + 2S(t_{m+1}).$$

9. За допомогою блока ділення та суматора Σ_1^6 розраховується значення таксономічного показника $d(t_{m+1})$ у момент часу t_{m+1} :

$$d(t_{m+1}) = 1 - \frac{r(t_{m+1})}{\tilde{r}(t_{m+1})}.$$

10

Чим менше співвідношення $\frac{r(t_{m+1})}{\tilde{r}(t_{m+1})}$, тим ближче таксономічний показник до одиниці і тим ближче контрольований об'єкт до еталонного. У цьому випадку це означає, що контрольований об'єкт працює у "штатному" режимі. Істотні відхилення таксономічного показника від одиниці або його коливання сигналізують про певні відхилення контрольованих параметрів від оптимальних значень.

15

При порівнянні з відомими аналогами, цей спосіб-найближчий аналог потребує істотно меншого об'єму обчислень, оскільки не потребує ні синтезу математичних моделей, ні трудомісткого навчання нейронних мереж, однак він має недолік - неможливість визначити, який (які) параметри контрольованого об'єкта відхилилися від оптимальних значень.

20

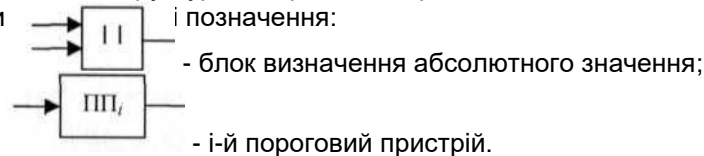
Задачею корисної моделі є усунення зазначеного вище недоліку.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб контролю та діагностики стану технічного об'єкта з відомим еталонним станом, що включає: вибір параметрів, які підлягають діагностичному контролю, реєстрацію цих параметрів на діагностованому об'єкті за допомогою датчиків, формування векторів вхідних сигналів, які обробляються багатопарною нейронною мережею, яка для кожного параметра здійснює обчислення оцінок математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, формує стандартизовану матрицю спостережень, розраховує відстані між еталонним та діагностованим станами об'єкта, розраховує таксономічний показник для контрольованого об'єкта, по якому визначають стан технічного об'єкта, відповідно до корисної моделі, відстані між еталонним та діагностованим станами об'єкта визначають як суму абсолютних значень різниць між вимірюваними та еталонними значеннями параметрів і виділяють всі параметри, абсолютні значення різниць між вимірюваними та еталонними значеннями яких перевищили наперед задані значення.

30

Спосіб можна проілюструвати за допомогою пристрою, наведеного на фіг. 2, на якому приведена структура нейронної мережі для діагностики стану технічного об'єкта. На фіг. 2 при

35



Алгоритм роботи нейронної мережі, яка реалізує пропонований спосіб контролю та діагностики стану технічних об'єктів полягає у наступному:

40

1. Нейрони $\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_n^1$ спільно з блоками затримки Z^{-1} розраховують оцінки математичного очікування в момент часу t_{m+1} для кожного з реєстрованих параметрів по співвідношенню:

$$\bar{x}_i(t_{m+1}) = \bar{x}_i(t_m) + \frac{1}{m+1} (x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_m)) = \frac{m}{m+1} \bar{x}_i(t_m) + \frac{1}{m+1} x_i(t_{m+1}), \quad i = \overline{1, n}$$

де $\bar{x}_i(t_{m+1})$ - оцінки математичного очікування параметрів $X_i (i = \overline{1, n})$ в момент часу t_{m+1} ;
 $x_i(t_m)$ оцінки математичного очікування параметрів $X_i (i = \overline{1, n})$ в момент часу t_m ;

$x_i(t_{m+1})$ - вихідний сигнал формувача $\Phi_i(i=\overline{1,n})$ в момент часу t_{m+1} .

2. На виходах суматорів $\Sigma_1^1, \Sigma_2^1, \dots, \Sigma_n^1$ отримують різності в момент часу t_{m+1} між значеннями сигналів $x_i(t_{m+1})$ та оцінками їх математичного очікування $\bar{x}_i(t_{m+1})$:

$$\tilde{x}_i(t_{m+1}) = x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1}), i = \overline{1, n}.$$

5 Різності $\tilde{x}_i(t_{m+1})$ за допомогою блоків множення підносять до квадрата і подають на перші входи нейронів $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ другого шару.

3. Нейрони $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ сумісно з відповідними блоками затримки Z^{-1} розраховують оцінки дисперсії контрольованих параметрів по співвідношенню:

$$\sigma_i^2(t_{m+1}) = \sigma_i^2(t_m) + \frac{1}{m+1} (\tilde{x}_i^2(t_{m+1}) - \sigma_i^2(t_m)), i = \overline{1, n}$$

10 де $\sigma_i^2(t_{m+1}), \sigma_i^2(t_m)$ - оцінки дисперсій i -го контрольованого параметра в моменти часу t_{m+1} і t_m .

4. Сигнали з виходів нейронів $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_n^2$ надходять на входи відповідних блоків обчислення квадратного кореня $(\sqrt{})$, на виходах яких отримують сигнали оцінок середньоквадратичних відхилень контрольованих параметрів:

$$\sigma_i(t_{m+1}) = \sqrt{\frac{m}{m+1} \sigma_i(t_m) + \frac{1}{m+1} (x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1}))^2}, i = \overline{1, n}$$

15 Ці сигнали надходять на другі входи блоків ділення. На перші входи блоків ділення надходять сигнали з виходів відповідних суматорів $\Sigma_1^1, \Sigma_2^1, \dots, \Sigma_n^1$. В результаті, на виході блоків ділення отримують елементи $(m+1)$ -го рядка стандартизованої матриці у відповідності з виразом:

$$z_i(t_{m+1}) = \frac{x_i(t_{m+1}) - \bar{x}_i(t_{m+1})}{\sigma_i(t_{m+1})}, i = \overline{1, n}$$

20 5. На перші входи блоків зваженого підсумовування $\Sigma_1^2, \Sigma_2^2, \dots, \Sigma_n^2$ подані сигнали з виходів відповідних блоків ділення, які відповідають елементам стандартизованої матриці, а на другі - елементи еталонної матриці $Z^*(t)$.

25 В результаті алгебраїчного зваженого підсумовування на виходах блоків $\Sigma_1^2, \Sigma_2^2, \dots, \Sigma_n^2$ отримують різниці, які потім зводяться у квадрат за допомогою блоків множення. В результаті чого отримують:

$$R^*_i(t_{m+1}) = (z_i(t_{m+1}) - z_i^*(t_{m+1}))^2, i = \overline{1, n}.$$

30 Ці різниці подаються на вхід порогових пристроїв ПП₁, ПП₂, ..., ПП_n. На другі входи яких подані порогові сигнали P_1, P_2, \dots, P_n . При $R^*_i(t_{m+1}) \geq P_i, (i = \overline{1, n})$ на виході відповідного порогового пристрою отримують сигнал $G_i(i = \overline{1, n})$, який сигналізує про відхилення конкретного параметра від оптимального значення.

6. За допомогою суматора Σ_1^3 отримують відстань між еталонним та спостережуваним об'єктами в моменти часу t_{m+1} :

$$R^*(t_{m+1}) = \sum_{i=1}^n (z_i(t_{m+1}) - z_i^*(t_{m+1}))^2, i = \overline{1, n}.$$

35 За допомогою нейрона α_1^3 та блока затримки Z^{-1} обчислюють середню відстань $\bar{R}^*(t_{m+1})$ між матрицями в момент часу t_{m+1} : $\bar{R}^*(t_{m+1}) = \frac{1}{m+1} (R^*(t_{m+1}) + \bar{R}^*(t_m)) = \frac{m}{m+1} \bar{R}^*(t_m) + \frac{1}{m+1} R^*(t_{m+1}), i = \overline{1, n}$

40 8. Співвідношення $S(t_{m+1})$ та $\tilde{R}^*(t_{m+1})$ реалізуються за допомогою блоків зваженого підсумовування Σ_1^4, Σ_1^5 , множення, нейрона четвертого шару α_1^4 з блоком затримки Z^{-1} та блока обчислення квадратного кореня за виразами:

$$S^*(t_{m+1}) = \sqrt{(S^*(t_m))^2 + \frac{1}{m+1} \left((R^*(t_{m+1}) - \bar{R}^*(t_m))^2 - (S^*(t_m))^2 \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{m}{m+1} (S^*(t_m))^2 + \frac{1}{m+1} (R^*(t_{m+1}) - \bar{R}^*(t_m))^2}, \quad i = \overline{1, n},$$

$$\tilde{R}^*(t_{m+1}) = \bar{R}^*(t_{m+1}) - 2S^*(t_{m+1}), \quad i = \overline{1, n},$$

9. За допомогою блока ділення і суматора Σ_1^6 розраховується значення таксономічного показника у момент часу t_{m+1} :

$$D^*(t_{m+1}) = 1 - \frac{R^*(t_{m+1})}{\tilde{R}^*(t_{m+1})}.$$

5 Нейронна мережа в процесі діагностики об'єкта виконує розрахунок послідовності значень таксономічного показника. Якщо одержувані оцінки приблизно однакові та близькі до одиниці, це означає, що функціонування діагностованого об'єкта оптимально, у іншому випадку значення таксономічного показника будуть зменшуватися.

10 В структурі нейронної мережі також є виходи, що сигналізують про відхилення кожного з параметрів $R^*(t_{m+1}), i = \overline{1, n}$ від оптимального значення, що дозволяє визначити, які зі змінних $x_i (i = \overline{1, n})$ стали відрізнятися від еталонних у контрольованих режимах. Це відкриває можливості до швидкого усунення виникаючих розладнань і відхилень від оптимальних режимів при функціонуванні технічних об'єктів.

Джерела інформації:

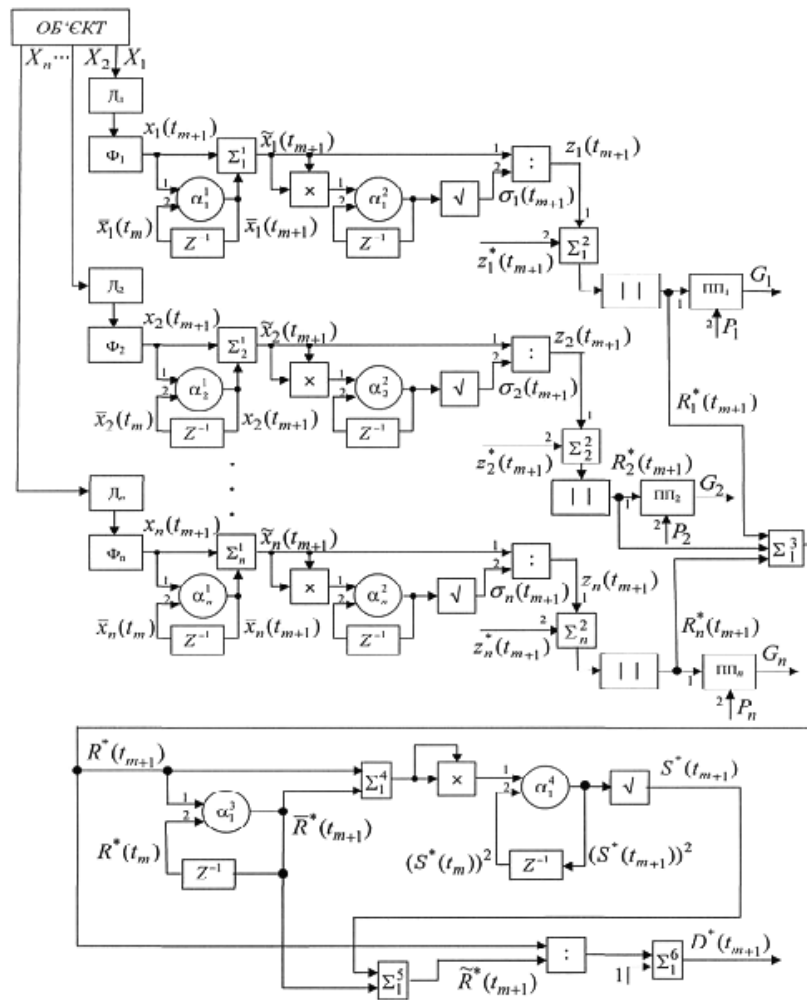
- 15 1. Патент Російської федерації на винахід № 2487023, кл. B60S 5/00, G01D 21/00, 2013 р.
2. Патент Російської федерації на винахід № 2445598, кл. G01M 15/14, 2012 р.
3. Носков В.И. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов / В.И. Носков, В.Д. Дмитриенко, Н.И. Заполовский, С.Ю. Леонов // Научное издание - Х.: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. -248 с.

20

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб контролю та діагностики стану технічних об'єктів з відомим еталонним станом, що включає: вибір параметрів, які підлягають діагностичному контролю, реєстрацію цих параметрів на об'єкті, який діагностують, за допомогою датчиків, формування векторів вхідних сигналів, які обробляються багатопаровою нейронною мережею, яка для кожного параметра здійснює обчислення оцінок математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, формує стандартизовану матрицю спостережень, розраховує відстані між еталонним станом об'єкта та станом об'єкта, який діагностують, розраховує таксономічний показник для 25 контрольованого об'єкта, по якому визначають стан технічного об'єкта, який **відрізняється** тим, що відстані між еталонним та діагностованим станами об'єкта визначають як суму абсолютних значень різниць між вимірюваними та еталонними значеннями параметрів і виділяють всі параметри, абсолютні значення різниць між вимірюваними та еталонними значеннями яких перевищили наперед задані значення.

30



Фиг. 2